

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-203806

(43)Date of publication of application : 09.08.1996

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G02F 1/01

G03F 7/20

(21)Application number : 07-010227

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 25.01.1995

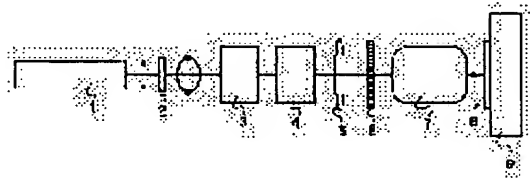
(72)Inventor : SUGANUMA HIROSHI  
TAKEDA MINORU

## (54) EXPOSURE ILLUMINATING DEVICE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To correct and improve polarization characteristics of illuminating light for various complex patterns by setting a polarization element which converts light emitted from a light source into circularly polarized light.

CONSTITUTION: The fourth harmonic of a laser beam using, as the basic wave, the laser beam from a YAG laser which is employed as a laser medium is generated from a laser source 1. This fourth harmonic is linearly polarized and has a spatial directional dependence. A quarter-wave length plate 2, which is a polarization device, is used to improve and eliminate the spatial directional dependence while maintaining a short wavelength which contributes to resolution. When incident light is linearly polarized, the quarter-wave length plate 2 becomes circular polarization since the optical path difference between abnormal light having an oscillation plane crossing output light at right angles and normal light becomes  $\pi/2$ . In this way, the polarization characteristics of illuminating light are corrected and improved when it is used for a variety of complex patterns.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-203806

(43) 公開日 平成8年(1996)8月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号 庁内整理番号 F I 技術表示箇所

H 0 1 L 21/027

G 0 2 F 1/01

G 0 3 F 7/20

5 0 5

H 0 1 L 21/ 30

5 2 7

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平7-10227

(22) 出願日 平成7年(1995)1月25日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 菅沼 洋

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 武田 実

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

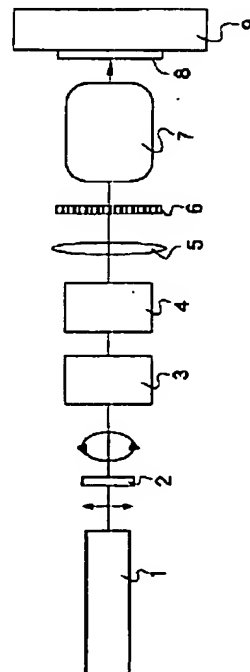
(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 露光照明装置

(57) 【要約】

【目的】 各種の複雑なパターンに対応させる際に照明光あるいは光学素子の偏光特性を補正して改善することのできる露光照明装置の提供を目的とする。

【構成】 レーザ媒質として用いる YAGレーザからのレーザ光を基本波にこのレーザ光の第4高調波を発生させるレーザ光源1と、レーザ光源1から出射されるレーザ光を円偏光に変換する1/4波長板2と、この照明光の可干渉性を除去する干渉除去部3と、照明光の強度分布を均一にする均一化機構4と、均一化機構4からの透過光を集束させるコンデンサレンズ5と、半導体ウエーハ8上に形成するパターンのマスク6と、このマスク6の透過光を半導体ウエーハ8上に集束させる投影縮小型レンズ7と、対物レンズ7から半導体ウエーハ8上へ投影像する面内で半導体ウエーハ8を移動させる可動ステージ9とを有している。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源から加工対象物に記録するパターンを照明して上記加工対象物へパターンを露光記録させる露光照明装置において、

上記光源から出射される光を円偏光に変換する偏光変換手段が設けられていることを特徴とする露光照明装置。

【請求項2】 光源には、固体レーザの基本波に対する高調波を用いることを特徴とする請求項1記載の露光照明装置。

【請求項3】 上記光源と上記加工対象物の間に上記光源からの出射光に含まれるスペックル干渉効果を除去する干渉除去手段を配することを特徴とする請求項1記載の露光照明装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光源から加工対象物に記録するパターンを照明して上記加工対象物へパターンを露光記録させる露光照明装置に関し、特に、例えば半導体や液晶のデバイス作成等のリソグラフィ超微細加工の露光照明に用いて好適なものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、例えば半導体や液晶等のデバイスの微細加工が必要とされる分野では、リソグラフィ装置が、これらのデバイスの量産性と低コストでのデバイスの製造を可能にするため広い範囲に適用されている。このようなリソグラフィ装置によって作成されるデバイスに対する要望としては、一層の小型化、集積化等の要望が年を追うにつれてますます強くなってきている。

【0003】従来の半導体、液晶用等の露光照明装置の光源としては、例えば水銀ランプの波長 365nm の i 線が用いられてきている。この水銀ランプは、無偏光の光を出射する光源である。

【0004】ところで、加工対象物に対する加工限界は、露光照明装置からの照明光の波長に比例することが知られている。この加工限界と共に、露光照明装置には、焦点深度の確保も重要な問題になっている。焦点深度を確保するためには、開口数NAの高いレンズを用いるよりも短波長の光源を使用する方が有利なことも知られている。

【0005】このような状況を打破するためにリソグラフィ超微細加工を用いる関連技術分野からは、より一層短波長の照明光源が望まれている。このような照明光源の一例にエキシマレーザを用いたリソグラフィ装置の開発が挙げられる。

【0006】エキシマレーザには、レーザ光発光装置が巨大で、メンテナンスのコストがかさむこと、毒性を有するガスの使用や冷却水等の処理設備を必要とする問題点がある。また、露光照明装置は、色収差を避けるためにエキシマレーザのスペクトル幅を狭帯化している。これにより、この照明光として用いるエキシマレーザには

スペックルが生じ易くなってしまう。従って、エキシマレーザの空間的な光強度分布は、不均一になってしまい、露光ムラが生じてしまうことも知られている。

【0007】この他の紫外光光源としては、レーザ媒質として例えばYAG、YVO<sub>4</sub>、Nd-Glass等を用いた高出力固体レーザや例えばアルゴンイオンレーザのような高出力ガスレーザの高調波がある。しかしながら、現時点までワット級の高出力なレーザ光を出力するものがないので、この光源を適用した露光照明装置は、露光時間がかかり、大量生産に適さない装置とされてきている。

【0008】ところが、最近例えば YAGレーザの第4高調波である紫外光レーザには、出力1W程度のレーザ光源に関する報告がされるようになってきている。

【0009】このようなレーザ光源からのレーザ光は、コヒーレンスが高く、スペックルや定在波等による干渉効果のため露光照明装置としての性能を著しく損なうものとされている。このような性能劣化を回避するため、露光照明装置は、例えば回転拡散板等を用いてスペックルを拡散させることによりスペックルの平均化を図る方法も提案されてきている。また、レーザ光源からの光強度分布を均一化させる方法も提案されている。

【0010】これらの技術を用いることによって固体レーザの高調波を照明光とすると、露光照明装置は、照明光の短波長化による高解像度の加工対象物が得られることになり、しかも装置の規模が例えばエキシマレーザのレーザ光発光装置に比べて小型に構成することができ、維持費を含めて安価に使用することができる。この露光照明装置は、高出力のレーザ光を照明光として使用できるので、生産性も高めることができる。

## 【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところで、ラインアンドスペース等の格子状の構造を持つパターンに対して露光照明装置は、照明光としてTE偏光による結像がTM偏光による結像より高い解像力を有することが知られている。

【0012】ここで、TE偏光とは、電気振動ベクトルが格子と平行な方向に振動している偏光であり、TM偏光とは、電気振動ベクトルが格子と直交する方向に振動している偏光である。

【0013】これに対して、露光照明装置が照明光として直線偏光している光を用いて一様に露光すると、例えば半導体集積回路等の複雑な回路パターンの露光では、パターンの解像力に方向依存性が生じてパターン形状に良い方向と悪い方向が生じてしまう。

【0014】リソグラフィ装置では、パターンの解像力の方向依存性を防止するため無偏光の照明光が望まれており、例えば水銀ランプ等が用いられていた。

【0015】ところが、前述した要望を満足する固体レーザ及びこの固体レーザの高調波は、一般的に直線偏光あるいは高い楕円比を有する楕円偏光であることが多

3

い。この偏光した照明光を用いると、例えばラインアンドスペース等のパターンでは、解像力にこのパターンと偏光方向に依存した LSI が作成されることになる。これは、LSI の作成上望ましくない。

【0016】また、光源からの照明光だけでなく、光学素子が偏光特性を持っている場合にも加工対象物への解像力に方向依存性が生じるようになってしまう。

【0017】そこで、本発明は、上述したような実情に鑑みてなされたものであり、各種の複雑なパターンに対応させる際に照明光あるいは光学素子の偏光特性を補正して改善することのできる露光照明装置の提供を目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明に係る露光照明装置は、上述した課題を解決するために、光源から加工対象物に記録するパターンを照明して上記加工対象物へパターンを露光記録させる露光照明装置において、光源から出射される光を円偏光に変換する偏光素子が設けられていることを特徴としている。

【0019】ここで、上記偏光素子は、光源からの直線偏光した照明光を円偏光に変換するもので、例えば  $1/4$  波長板等がある。光源には、固体レーザの基本波に対する高調波を用いるようにしてもよい。光源と加工対象物の間に光源からの出射光に含まれるスペckル干渉効果を除去する干渉除去部を設けることがより好ましい。

【0020】

【作用】本発明に係る露光照明装置では、光源からの直線偏光あるいは楕円比の高い楕円偏光の成分を含む照明光が偏光素子を通ることにより、照明光を偏光状態に方向依存性を持たない円偏光に変換されている。

【0021】また、光源と加工対象物の間に光源からの出射光に含まれるスペckル干渉効果を除去する干渉除去部を設けることにより、光強度分布の均一化を図っている。

【0022】

【実施例】以下、本発明に係る露光照明装置の一実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0023】この実施例では、露光照明装置を超微細加工が要求されるリソグラフィ装置に適用した一例を挙げて説明する。

【0024】リソグラフィ装置は、例えば図 1 に示すように、レーザ媒質として用いる YAG レーザからのレーザ光を基本波にこのレーザ光の第 4 高調波を発生させるレーザ光源 1 と、レーザ光源 1 から出射されるレーザ光の空間的な方向依存した直線偏光を円偏光に変換する  $1/4$  波長板 2 と、この照明光の可干渉性を除去する干渉除去部 3 と、照明光の強度分布を均一にする均一化機構 4 と、均一化機構 4 からの透過光を集束させるコンデンサレンズ 5 と、半導体ウエーハ 8 上に形成するパターンのマスク 6 と、このマスク 6 の透過光を半導体ウエーハ 8

4

上に集束させる投影縮小型レンズ 7 と、対物レンズ 7 から半導体ウエーハ 8 上へ投影像する面内で半導体ウエーハ 8 を移動させる可動ステージ 9 とを有している。

【0025】レーザ光源 1 は、基本波となるレーザ光を固体レーザである例えば YAG レーザを外部共振器に入射させ、この外部共振器に配した非線形結晶光学素子で第 2 高調波を発生させる。レーザ光源 1 は、この第 2 高調波を例えば次段の外部共振器に供給し非線形結晶光学素子で第 4 高調波を発生させている。レーザ光源 1 は、この第 4 高調波を出射する。

【0026】ところで、この第 4 高調波は、直線偏光している。従って、レーザ光源 1 が出射するレーザ光は、空間的な方向依存性を持っていることになる。

【0027】空間的な方向依存性を有する光で例えば半導体ウエーハ 8 にマスクパターンを照射させた場合、パターンが空間的な方向依存性に応じて形成されることが知られている。このため、空間的な方向依存性を持つ光は、照明光に適さない。解像度に寄与する短波長を保ちながら空間的な方向依存性を改善してなくすため、 $1/4$  波長板 2 を用いる。

【0028】 $1/4$  波長板 2 は、入射光が直線偏光の場合、出射光の直交した振動面を持つ異常光と常光線との光路差が、 $\pi/2$  となって円偏光になる。

【0029】干渉除去部 3 は、可干渉の原因となるスペckルを時間的に平均化したビームにするため、 $1/4$  波長板 2 からの透過光を移動散乱媒体である回転拡散板等に通す。干渉除去部 3 では、例えば拡散板の回転によって入射光が散乱されて時間的に平均化したビームにすることができる。

【0030】均一化機構 4 は、例えばフライアイレンズ等を用いることによって入射光が均一な光強度にされてコンデンサレンズ 5 に供給される。

【0031】マスク 6 は、例えば半導体ウエーハ 8 に形成される回路パターン等を形成したものである。ラインアンドスペース等の格子状の構造を持つパターンもある。

【0032】対物レンズ 7 は、投影縮小型の露光照明装置の場合、投影縮小型レンズを用いるが、密着露光型の露光照明装置の場合、マスク 6 と半導体ウエーハ 8 とを重ねておくだけでよい。

【0033】このように構成すると、レーザ光源 1 からのレーザ光を波長と空間的な方向依存性のない偏光の性質を有する光源にすることができるようになる。

【0034】さらに、照明光の方向依存性と偏光の変換を行う  $1/4$  波長板について図 2 ～ 図 4 を参照しながら説明する。

【0035】従来までの水銀ランプは無偏光のため、このような偏光方向を考慮する必要がなかったが、解像度を向上させるために用いる固体レーザ及び固体レーザの高調波発生による光は、直線偏光あるいは高い楕円比を

5

有する楕円偏光であることが多い。電気ベクトルは、図2(a)に示すように、振動しながら進行する。偏光には、TEとTMの2つのモードがある。これらのモードに基づく偏光は、それぞれTE偏光が、図2(b)に示すように、電気ベクトルの振動方向が入射面に垂直で磁気ベクトルの振動方向が入射面内にあるような光であり、また、TM偏光が、図2(c)に示すように、磁気ベクトルの振動方向が入射面に垂直で電気ベクトルの振動方向が入射面内にあるような光として表される。0次の回折光 $\phi_0$ と $\pm 1$ 次の回折光 $\phi_{+1}$ 、 $\phi_{-1}$ の振幅は、ラインアンドスペースが1:1とすると、それぞれ $1/2$ と $1/\pi$ である。

【0036】ここで、簡単な例として例えば図3に示すようなマスク6のパターンを透過させる際にTE偏光は、図3(a)のように、振動方向がマスクパターンの方向に平行なので、照明光は、対物レンズ7で投射縮小してパターンを結像させても半導体ウエーハ8上の露光部8TEを良好な解像度で露光させることができる。しかしながら、図3(b)のように、TM偏光でマスク6のパターンに対して直交する方向にあるとき、半導体ウエーハ8上の露光部8TMに結像させた像の解像度は方向性に依存して低下してしまう(図4(a)を参照)。

【0037】このようにラインアンドスペース等が格子状の構造を有しているとき、偏光の方向依存性がマスク6を透過する光量に変化して半導体ウエーハ8上に形成されるパターンの解像度が左右されることになる。

【0038】このラインアンドスペース等が格子状の構造を有しているとき、偏光の方向依存性をなくすため、偏光状態を円偏光にする。円偏光は、どの方向に対してもどのパターンに対しても空間的に電気ベクトルの振幅が等しいので、露光部8TE、8TMでは、図4(b)に示すように、それぞれ方向に依存しない同じ解像度が得られる。直線偏光を円偏光に変換するには、例えば $1/4$ 波長板2を用いればよい。

【0039】この場合、円偏光に変換する偏光光学素子として $1/4$ 波長板を用いたが、光学系の一部の素子が何等かの理由で偏光特性を有している場合、光学系の一部の素子の補正も含めて円偏光への変換を行うようにしてもよい。すなわち、露光照明装置の被露光対象の位置での偏光特性が円偏光であるように、例えば光源偏光面に対して決めた角度で $1/4$ 波長板を配し、さらに適当な偏光光学素子を配するようにして円偏光にしてもよい。

【0040】これにより、リソグラフィ装置は、レーザ

6

光の短波長化及び方向依存による解像度の向上を同時に満足させることができる。

【0041】以上のように構成することにより、光源からの照明光が例えば直線偏光あるいは高い楕円比の楕円偏光を有しているとき、偏光変換素子として $1/4$ 波長板等を用いることにより、偏光方向を空間的に均一な円偏光にしてマスクパターンの方向に依存しない等方的な解像度の得られる露光を行うことができる。

10 【0042】これにより、短波長化及び方向依存による解像度の向上を同時に満足させることができる。

【0043】また、スペックルの打ち消し、均一かつ高効率な照明光学系を用いることにより、固体レーザの高調波等のような高いコヒーレンスを有する光源をリソグラフィの露光に適用させることができる。

【0044】

20 【発明の効果】本発明に係る露光照明装置では、偏光方向を空間的に均一な円偏光にしてマスクパターンの方向に依存しない等方的な解像度の得られる露光を行うことができ、短波長化及び方向依存による解像度の向上を同時に満足させることができる。

【0045】また、スペックルの打ち消し、均一かつ高効率な照明光学系を用いることにより、固体レーザの高調波等のような高いコヒーレンスを有する光源をリソグラフィの露光に適用させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る露光照明装置をリソグラフィ装置に適用した際の概略的な構成を示す図である。

【図2】上記リソグラフィ装置に用いるTE偏光とTM偏光の偏光方向を説明する図である。

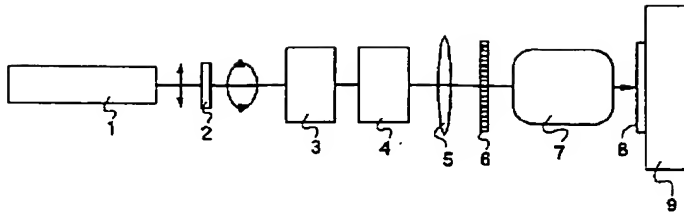
30 【図3】上記リソグラフィ装置に用いるTE偏光とTM偏光とマスクのパターンとの関係を説明する図である。

【図4】上記リソグラフィ装置における直線偏光と円偏光をマスクに露光した際、被露光対象であるウエーハの解像度の違いを説明する図である。

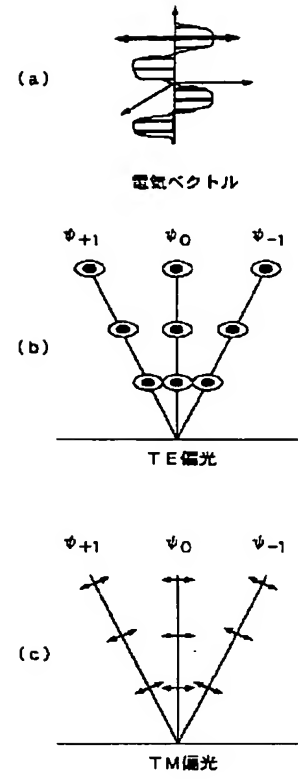
【符号の説明】

- 1 レーザ光源
- 2  $1/4$ 波長板
- 3 干渉除去部
- 4 均一化機構
- 40 5 コンデンサレンズ
- 6 マスク
- 7 対物レンズ
- 8 半導体ウエーハ
- 9 可動ステージ

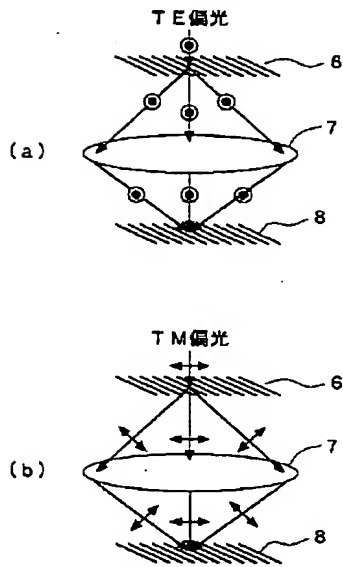
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

